

環境問題対応型の空気、水、海水の熱物性値データベースの構築

80021644 加藤 真子 指導教員 長島 昭

1. 本研究の背景および目的

地球規模での環境問題が差し迫ったものとなり、我々人間生活にも直接的な影響を及ぼすようになってきている。このため、様々な分野で環境についての研究が行われ、多くの人々が環境問題に直面し、関心を持っている。特に、環境シミュレーションや将来予測はどの分野においても盛んに行われ、重要な役割を持っている。そして、そのために必要な熱物性値の利用方法、利用者も多様化しているといえる。

各種物質や物性値の研究は、過去に多くの研究者により行われている。また、条件によっては確立された物性値データベースが存在する。しかし、環境問題に関わる物質の扱いは複雑であり、様々な環境条件下での適切な物性値を得ることは困難である。このため、環境問題に対応したデータのカスタマイズや、媒体物質に汚染物質が混入している汚染状態での物性値を分かりやすく提供する必要があると考えられる。また、各種環境問題を扱う際に適した範囲やパラメータで表示することも必要である。

以上のことを考慮し、本研究では環境問題対応型の物性値データベースの提案を目的とする。

2. 環境関連物質とその物性値の特徴

環境問題の大きな原因の一つは、汚染物質の移動である。本研究において汚染物質の移動媒体物質は、空気、水、海水とし、大気汚染、水質汚染、海洋汚染の実際の汚染状態を考慮した。この時、媒体物質の物性値に注目し、さらに汚染物質が混入した場合の物性値を提案する。

また、環境関連物質のデータの扱いは複雑である。空気や海水などは媒体物質が混合物であること、温度や圧力以外にも物性値に影響を与えるパラメータが存在することなど、考慮しなければならないことが数多くある。一方、物性値の導出のための情報は散在している。適切な情報を集め、それらを用いて特定の状態における物性値を導出することは大変大掛かりな作業であるとともに、非専門家には非常に困難である。そして、これらの物性値情報は最新の値が望ましく、統一した評価の下で信頼できるデータでなければならない。

つまり、散在している環境関連物質の物性値に関わる情報を集めること、そして、それを評価し、適切な方法で提供することが必要とされているのである。

3. 環境問題対応型データベースとしての特徴

空気、水、海水を中心として、各種環境条件を考慮した場合の物性値を扱うこととする。また、人間生活に関わる環境を中心に考えるため、温度、圧力は Table 1 に示す範囲とした。

さらに、温度、圧力はもちろんのこと、環境を考慮したときそれぞれの物質に関わる独自のパラメータを含むことで、データを利用しやすいものとした。

Table 1 Ranges of thermophysical properties

	Air	Water	Sea water
Temperature []	-50 ~ 50	0 ~ 100	0 ~ 200
Pressure [MPa]	0.01 ~ 0.1	0.1 ~ 30	0.1 ~ 100

4. 空気とその物性値情報

一般にいう空気とは、実際は複数の気体が混合している混合気体である。この空気の組成を考慮して、次に示すように分類して扱うこととした。

4.1 乾き空気

まず、水蒸気を含まない Table 2 に示すような標準組成の空気を「乾き空気」として扱うこととする。この組成については、時間や場所による変化とその影響も考慮する必要があるが、その差はごくわずかであるために、物性値への影響はないものとした。

Table 2 Composition of dry air

Constituent gas and formula	Content [% by vol.]
Nitrogen (N ₂)	78.0840
Oxygen (O ₂)	20.9476
Argon (Ar)	0.9340
Carbon dioxide (CO ₂)	0.0314

また、物性値の高度依存性を考えた。高度約 100km 付近までは、対流などによる混合作用があるために分子はよく混ざり合い、Table 2 に示した標準組成は一定である。しかし、高度に依存した平均分子密度の変化を考慮する必要がある。

本研究では、人間の生活環境に関わる範囲の物性値を扱うため、高度は 50km までを考えることとした。また、高度に対する温度変化は、標準大気を起点として補正を行うことで十分である。本来は同位体の扱いとその影響も考慮すべきだが、その量を考えて影響はないものとした。

そこで、空気の密度 [kg/m³]は高度 z [km]を用いた次式を決定した。また、(1)式の係数は Table 3 に示す通りである。

$$\rho = \exp(az^2 + bz + c) \quad (1)$$

Table 3 Constants for equation (1)

z [km]	a	b	c
0 ~ 15	-2.493×10^{-3}	-8.518×10^{-2}	0.2029
15 ~ 50	3.702×10^{-4}	-0.1739	0.8901

Figure 1 に示すように、(1)式を用いることで任意の高度における乾き空気の密度を求めることができる。

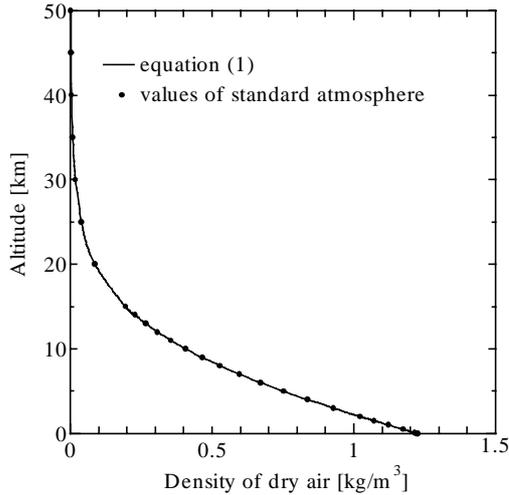


Figure 1 Altitude dependence on density

4.2 湿り空気

乾き空気に水蒸気が混入している場合を「湿り空気」として扱う。含まれる水蒸気量はごくわずかであるが、通常存在している湿り空気の状態での物性値を知ることは重要である。また、パラメータに相対湿度を用いた提示が必要であると考えた。

4.3 汚染空気

標準組成の乾き空気に、水蒸気以外の物質が混入している状態の空気を「汚染空気」とする。また、気体の状態での混入のみを扱うこととし、その物質は実際の環境問題を考慮して Table 4 に示すような物質を扱うこととした。

Table 4 Pollutants

Group	Substances
CFCs, HCFCs, HFCs	CFC-11, 12, 113, 114, 115 HCFC-22, 123 HFC-32, 134a
Others	NO, CO, CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , SO ₂ , NH ₃ , SF ₆

5. 水とその物性値情報

水に関する各種物性値は、蒸気表が最も信頼できるデータベースであるといえる。蒸気表は高温高圧までの広い範囲の物性値を扱い、その種類も改訂を重ねるごとに増えている。しかし、複雑な状態式からの物性値の算出は非専門家には困難であるために、環境問題に必要な範囲だけの物性値の詳細を数値表として提示した。

また、水に汚染物質が混入している汚染系についての物性値情報も必要であるが、蒸気表には存在しない。環境基準を参考に、規制対象となっている物質の溶解度について提示した。

6. 海水とその物性値情報

海水も空気と同様に多成分の混合物であるが、一般には塩分の概念を導入することで単一溶液として扱うことができる。また、実際の海洋を考えると、物性値への深度（圧力）変化の影響、塩分変化の影響を考慮する必要がある。

一方、標準海水及び NaCl 水溶液の物性値についての研究は過去に多く行われている。実測値と比較することによって表示式を評価、検討し、塩分、深度（圧力）をパラメータとした各種物性値表を提案した。

6.1 深度変化の影響

地球全体の平均水深は 2440m であり、高度別にみた面積は水深 4000 から 5000m に極大を持つ分布をしているという。そこで、最も深い海溝も考慮し、10000m (100MPa) までの物性値を扱い、特に 5000m (50MPa) までを細かく扱うこととした。

6.2 塩分変化の影響

海水の標準塩分濃度は約 35‰である。場所によって塩分濃度は異なるが、外洋においては 33 ~ 38‰の範囲にある。塩分濃度は温度ほど物性値に大きな影響を与えないが、塩分をパラメータとして含む表示式を提案した。例えば Figure 2 のように、海水の熱伝導率の深度に対する影響の温度依存性を示すことができる。

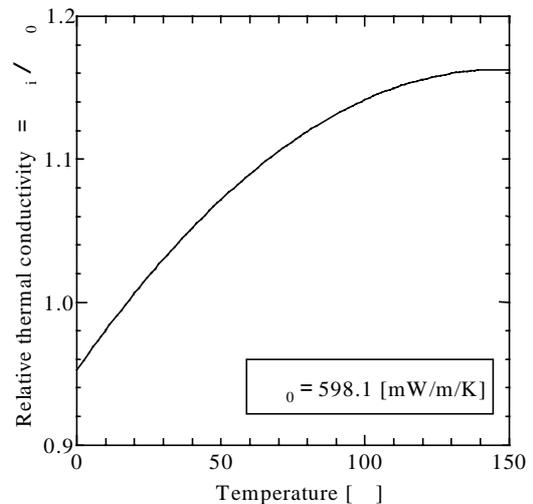


Figure 2 Relative thermal conductivity λ_0 (at 20 °C, 0.1013MPa) and λ_1 (at 30MPa)

7. 結論と今後の課題

環境問題に注目し、空気、水、海水について各種熱物性値の標準データを提案した。それぞれの物質系に環境用として必要と考えられるパラメータを用いることで、利用しやすい形の物性値を提供することができた。また、本研究ではデータの評価と選択を行った上で、数値表、式の提供までに重点をおいた。より利用しやすいデータベースにするためには、簡単なソフトウェアやコンパクトなデータブックなどの形態へ加工することが必要である。